

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Isolieren von Hochspannungswicklungen für elektrische Maschinen, bei dem tränkbares Isolierband schichtweise überlappend satt um die Leiter oder Leiterbündel gewickelt wird und bei dem die gesamte Isolierbandumwicklung evakuiert, mit Kunstharz getränkt und ausgehärtet wird.

Bei solchen bekannten Verfahren zur Isolierung von Hochspannungswicklungen für elektrische Maschinen besteht die Schwierigkeit darin, einerseits eine vollständige Durchtränkung der Isolation zu erreichen, damit sich beim Aushärten mit Sicherheit keine Hohlräume und offene Stellen bilden, andererseits aber auch sicherzustellen, daß die äußeren Abmessungen der mit der Isolation versehenen Leiter oder Leiterbündel innerhalb enger Toleranzen den Abmessungen der Nuten im Anker oder Ständer der Maschine entsprechen, damit die Nutöffnung voll ausgenützt wird und doch die Spulen eingelegt werden können, ohne daß deren Isolation verletzt wird. Die Schwierigkeiten sind hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß einerseits die polymerisierbaren Kunstharze bei Raumtemperatur relativ dickflüssig sind, andererseits nur eine kompakte Isolation die einwandfreie Durchtränkung gewährleistet, da der Imprägnierungsvorgang auf dem Saugvermögen des Isoliermaterials beruht, so daß die vollständige Durchtränkung nur dann mit Sicherheit erfolgt, wenn die Isolation überall kompakt ist, und zwar umso sicherer, je dünnflüssiger das Harz ist. Bei der Viskosität, die die zu solchen Zwecken verwendbaren polymerisierbaren Harze aufweisen, werden aber schon kleine Hohlräume zwischen den Isolationsschichten nicht mehr mit Harz gefüllt, selbst wenn die Imprägnierung unter Vakuum erfolgt. Es ist deshalb unbedingt darauf zu achten, daß die aufgewickelten Schichten aus tränkbarem Material an allen Stellen satt aufeinander liegen.

Durch die USA.-Patentschrift 2 763 798 ist ein Verfahren zum Isolieren elektrischer Wicklungen bekannt, bei dem die Teile der Wicklung, die in die Nut zu liegen kommen, zur Verfestigung der Isolation unter Spannung nicht überlappend mit einem Isolierband umwickelt werden. Nach der Imprägnierung werden diese Teile dann in einer Preßform ausgehärtet, um genaue Abmessungen zu gewährleisten. Dieses Verfahren liefert somit zwar Wicklungen, die in den Nutteilen eine kompakte und maßhaltige Isolation besitzen. Zur Aushärtung sind aber Pressen erforderlich, was die Herstellung erheblich kompliziert.

Es ist ferner durch die USA.-Patentschrift 2 928 964 bekannt, die aus mehreren Bandlagen bestehende Umwicklung eines Leiterbündels mit einem Band aus in der Wärme schrumpfendem Material zu umwickeln, das bei der Anwendung von Wärme einen Druck auf das Isoliersystem ausübt und dieses verfestigt. Auch ist es durch die deutsche Auslegeschrift 1 113 017 bereits bekannt, über die mit Isolierbändern umwickelten Leiter oder Leiterbündel einen Schrumpfschlauch zu ziehen, der nach oder vor der Imprägnierung der Wicklung aufgeschrumpft wird. Bei diesen beiden Verfahren wird beim Aushärten durch das Schrumpfen des Bandes oder Schlauches zwar ein verfestigender Druck auf die Isolation ausgeübt. Der Druck ist aber nicht gleichmäßig verteilt, sondern in der Nähe der Ecken am größten und es wird deshalb keine gleichmäßige Ver-

dichtung und keine genaue Maßhaltigkeit erzielt, sofern nicht zusätzlich die Wicklung bei der Imprägnierung in üblicher Weise in eine Presse eingelegt wird.

Durch die schweizerische Patentschrift 296 448 ist schließlich ein Verfahren bekannt, bei dem die Isolation aus härtbarem Kunstharzmikafolium in mehreren Arbeitsgängen aufgebracht wird. Dabei wird nach dem Aufwickeln einiger Lagen die erste Isolationsschicht auspolymerisiert, worauf die zweite Hauptisolationsschicht aufgewickelt und ausgehärtet wird. Bei diesem Verfahren ist aber nicht gewährleistet, daß die Isolation frei von Hohlräumen ist. Insbesondere können sich zwischen den getrennt ausgehärteten Isolierschichten Hohlräume bilden. Das Verfahren ist ferner durch die Notwendigkeit, mehrmals zu polymerisieren, kompliziert und unwirtschaftlich.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, in einfacher Weise eine derart kompakte Isolation zu schaffen, daß die einwandfreie Imprägnierung der ganzen Isolation in einem Arbeitsgang gewährleistet ist, andererseits aber auch die Maße innerhalb enger Toleranzen eingehalten werden, ohne daß bei der Herstellung Pressen oder Formvorrichtungen erforderlich sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jeweils nach Aufbringen einer Schicht aus tränkbarem Isoliermaterial ein Kunstharz getränktes Festigungsband nicht überlappend satt aufgebracht und ausgehärtet wird. Dieses Verfahren wird so oft wiederholt bis die Isolation die vorgeschriebenen Abmessungen erreicht hat. Dadurch, daß jedesmal nach dem Aufbringen einer Isolierbandschicht diese durch ein Festigungsband, das ausgehärtet wird, festgehalten wird, werden Verschiebungen der unteren Schichten während des Aufbringens weiterer Schichten mit Sicherheit verhindert. Bevor jeweils das Festigungsband einer Schicht ausgehärtet wird, kann mittels einer einfachen Kalibriervorrichtung die Dicke geprüft bzw. erreicht werden, daß die für jede Schicht gewünschten Abmessungen eingehalten werden. Die isolierten Spulen oder Leiterbündel weisen somit schon vor dem Imprägnieren ihre fertige Form und endgültigen Abmessungen auf, die durch den Evakuier-, Imprägnier- und Aushärteprozeß nicht verändert werden. Es ist deshalb nicht erforderlich, beim Tränken und Aushärten Pressen anzuwenden.

Es ist zweckmäßig, als Festigungsband Isolierbandmaterial mit hoher Reißfestigkeit zu verwenden, das ein beim Aushärten um mindestens 3 % schrumpfendes Imprägnierharz enthält. Dank der Schrumpfung des Festigungsbandes erhält die von ihm umwickelte Isolierschicht einen besonders festen Sitz auf dem Leiterbündel bzw. auf den bereits vorher aufgebrachten Wickellagen. Wird ein Festigungsband verwendet, das nicht oder wenig schrumpft, so ist es notwendig, dieses von Anfang an entsprechend satter, d. h. unter höherer Spannung, aufzuwickeln. Damit die gesamte Isolation eine möglichst gleichmäßige Dicke aufweist, werden die Festigungsbänder alle im gleichen Wickelsinn aufgebracht, so daß keine Kreuzungsstellen entstehen. Dabei wird zweckmäßig jedes folgende Festigungsband derart versetzt gegen das vorhergehende Festigungsband aufgebracht, daß die Windungen des nachfolgenden Bandes zwischen den Windungen des vorhergehenden Bandes liegen.

Im folgenden ist das erfindungsgemäße Verfahren an Hand der Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigt Fig. 1 einen Querschnitt durch ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren isoliertes Leiterbündel, Fig. 2 ein solches Leiterbündel in Seitenansicht mit noch nicht fertiggestellter Isolation am Endteil des Leiterbündels.

Das zu isolierende Leiterbündel besteht, wie aus Fig. 1 ersichtlich, aus vier einzelnen Leitern 1, die in üblicher Weise mittels einer Bandisolation 2 gegeneinander isoliert sind.

Das Leiterbündel 1 wird zuerst mit einem porösen, nicht getränkten, z. B. glimmerhaltigen Isolierband 3 überlappend umwickelt, um so eine erste Isolierschicht zu bilden. Um die erste Isolierschicht wird alsdann ein Festigungsband 4 nicht überlappend satt gewickelt.

Dieses Festigungsband 4 weist eine verhältnismäßig hohe Reißfestigkeit auf und ist mit einem Kunstharz getränkt, das bei der Aushärtung eine Schrumpfung des Bandes um etwa 3 % oder mehr bewirkt. Das verwendete Festigungsband, das vorzugsweise ein 0,2 bis 0,3 mm dickes Glasseidenband mit längsgerichteten Fasern ist, kann mit demselben Harz imprägniert sein, das auch für die noch zu imprägnierende Isolierschicht verwendet wird. Auf alle Fälle ist darauf zu achten, daß das Kunstharz, mit dem das Festigungsband 4 getränkt ist, im ausgehärteten Zustand physikalische und chemische Eigenschaften aufweist, die dem Imprägnierharz der Isolierschicht angepaßt sind. Nach dem Aufwickeln des Festigungsbandes 4 wird dasselbe durch Erwärmung ausgehärtet. Dadurch erhält die vom Festigungsband umwickelte Isolierschicht einen satten, formfesten Sitz auf dem Leiterbündel.

Über dieser ersten, durch das ausgehärtete Festigungsband 4 festgehaltenen Schicht wird eine zweite Isolierschicht gebildet, indem man ein ebenfalls poröses, nicht getränktes Isolierband 5 überlappend um das Festigungsband 4 wickelt, wie dies in Fig. 2 veranschaulicht ist. Diese zweite Isolierschicht wird zweckmäßig etwas dicker gemacht als die erste, indem man das Band 5 mit etwas größerer Überlappung wickelt als das Isolierband 3, oder indem mehr Lagen des Isolierbandes 5 aufgebracht werden, oder auch indem ein dickeres Isolierband 5 verwendet wird. Die Isolationsschicht kann um so dicker sein, je dünnflüssiger das zu verwendende Imprägnierharz ist. Bei den heute bekannten, für diesen Zweck verwendbaren Kunstharzen ist für diese zweite Schicht eine Dicke von etwa 1 mm als vorteilhaft zu bezeichnen. Dagegen wird die erste, das Leiterbündel direkt umgebende Isolierschicht zweckmäßig so dünn als möglich gehalten, damit sich zwischen der Bandisolation 2 und dieser ersten Isolierschicht, insbesondere bei abgerundeten Leiterkanten, keine Hohlräume bilden.

Um die vom gewickelten Isolierband 5 gebildete

zweite Isolierschicht wird — nach deren Kalibrierung — in ähnlicher Weise, wie um die erste Isolierschicht, ein Festigungsband 6 nicht überlappend satt aufgewickelt. Dabei ist darauf zu achten, daß die Windungen dieses zweiten Festigungsbandes 6 zwischen diejenigen des ersten Festigungsbandes 4 zu liegen kommen. Das zweite Festigungsband 6 wird nun auch wieder, wie oben erläutert, ausgehärtet.

Die Isolation wird nötigenfalls in der gleichen Weise weiter aufgebaut, indem abwechselungsweise weitere Isolierschichten und Festigungsbander angebracht werden, bis die gewünschte Isolationsstärke erreicht ist. Die einzelnen Isolierschichten können alle gleich dick sein. Um den Wickelvorgang rascher durchzuführen, wählt man aber, insbesondere bei dickeren Isolationen, Schichten, deren Dicke mit dem Durchmesser zunimmt.

Die auf diese Weise auf das Leiterbündel aufgebraachte Isolation wird in bekannter Weise evakuiert, imprägniert und ausgehärtet. Diese Behandlungsprozesse sind nun aber wesentlich einfacher als bei den bisher bekannten Isolierverfahren, da weder Pressen noch Formvorrichtungen benötigt werden. Dank der Festigungsbander wird eine die Form eines satten, kompakten Körpers aufweisende Isolation gebildet, so wie sie für ein einwandfreies Imprägnieren mit relativ dickflüssigen Kunstharzen notwendig ist. Auf Grund dieses Verfahrens ist es möglich, Imprägnierharze zu verwenden, die eine Viskosität bis zu 200 bis 300 cP aufweisen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Isolieren von Hochspannungswicklungen für elektrische Maschinen, bei dem tränkbares Isolierband schichtweise überlappend satt um die Leiter oder Leiterbündel gewickelt wird und bei dem die gesamte Isolierbandumwicklung evakuiert, mit Kunstharz getränkt und ausgehärtet wird, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils nach Aufbringen einer Schicht aus tränkbarem Isoliermaterial ein kunstharzgetränktes Festigungsband nicht überlappend satt aufgebracht und ausgehärtet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Festigungsband Isoliermaterial mit hoher Reißfestigkeit verwendet wird, das ein beim Aushärten um mindestens 3 % schrumpfendes Imprägnierharz enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes folgende Festigungsband in Wickelrichtung derart versetzt gegen das vorhergehende Festigungsband aufgebracht wird, daß die Windungen des nachfolgenden Bandes zwischen den Windungen des vorhergehenden Bandes liegen.

